

## НЕИНВАЗИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ У ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМАМИ И ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА

Кавалерский Г.М.<sup>1</sup>, Боголюбова А.А.<sup>1</sup>, Терновой К.С.<sup>1</sup>,  
Лебедева М.А.<sup>2</sup>, Черепанов В.Г.<sup>1</sup>

УДК: 616.82-009.81:616.2:616.711-001-093.75

<sup>1</sup> Кафедра травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ММА им. И.М. Сеченова,

<sup>2</sup> ГУ НИИ общей патологии и патофизиологии РАМН, Москва

### Резюме

Предлагается использовать метод непрерывной и неинвазивной спироартериокардиографии (с помощью прибора САКР) для оценки функциональной достаточности сердечной, сосудистой и дыхательной систем у больных с травмами и заболеваниями позвоночника. Обследованы 55 пациентов с показаниями к различным физиотерапевтическим мероприятиям и 34 пациента с показаниями к оперативному лечению. Полученные результаты демонстрируют, что данный метод обеспечивает объективный контроль функционального состояния пациентов при проведении лечебных, до- и послеоперационных мероприятий. Данные динамических исследований помогут врачу подобрать наиболее подходящее лечение каждому конкретному пациенту, с учетом функционального состояния основных систем организма, дадут возможность подготовить пациента к плановым операциям, назначить индивидуальную программу реабилитации.

**Ключевые слова:** спироартериокардиография, функциональная достаточность СС и дыхательной систем, травмы и заболевания позвоночника.

### NON-INVASIVE METHOD OF EXAMINATION OF FUNCTIONAL CONDITION OF CARDIOVASCULAR AND RESPIRATORY SYSTEMS OF PATIENTS WITH INJURIES AND DEGENERATIVE SPINE DISEASES

Kavalerskiy G.M., Bogolyubova A.A., Ternovoy K.S., Lebedeva M.A.

The using of a method of persistent and non-invasive spiroarteriocardiorhythmography (with SACR apparatus) is offered to evaluate functional sufficiency of cardiovascular and respiratory systems of patients with injuries and illnesses of the spine. 55 physiotherapy-evidenced patients in CCH №10 and 34 patients needed operative treatment in CCH №19 and №67 were examined. Results obtained demonstrate method provides objective checkup of patients functional status during medical, up to and postoperative measures. The data of dynamic examinations shall help the physician to choose the most adequate treatment in each case considering the functional status of the main body systems, shall give the possibility of preparing of the patient to the planned operations and to appoint the individual rehabilitation program.

**Keywords:** spiroarteriocardiorhythmography, functional sufficiency of cardiovascular and respiratory systems, injuries and illnesses of the spine.

В связи с развитием высоких технологий в современном мире и широкой распространенностью экстремальных видов спорта отмечается рост травм поврежденных позвоночника. Успех лечения таких травм зависит не только от верно поставленного диагноза и технично выполненного оперативного пособия, но и от адекватной оценки общего состояния организма, предоперационной подготовки и индивидуальной послеоперационной реабилитации. Больным с травмами и заболеваниями позвоночника необходимо выполнять мониторинг состояния важнейших систем организма – сердечно-сосудистой и дыхательной, как при первичном осмотре, так и в динамике лечения. В условиях стационара это не всегда доступно, т.к. требует привлечения врачей других специальностей и дополнительного оборудования.

Вот почему необходимо внедрять в травматолого-ортопедическую практику инструментальные неинвазивные экспрессные методики, определяющие уровни функционального баланса в регуляции сердечного, сосудистого, дыхательного ритмов, и своевременно прогнозирующие различные варианты дисрегуляторных осложнений.

### Материал и методы

Предлагаются прибор и методика для оценки дисрегуляторных состояний важнейших систем организма

– прибор «спироартериокардиограф» (САКР), производитель – ООО «ИНТОКС», г. Санкт-Петербург. САКР разрешен к применению Комитетом по новой медицинской технике Министерством здравоохранения РФ (регистрационное удостоверение №29/03020703/5869-04 от 29 января 2004г.) САКР позволяет регистрировать абсолютные значения и оценивать вариабельность основных показателей сердечной, сосудистой и дыхательной систем. В травматологии и ортопедии данный метод ранее не использовался.

Обследуя больных с травмами позвоночника, мы проводили анализ следующих показателей функциональной достаточности сердечной, сосудистой и дыхательной систем:

- 1) ЧСС и вариабельность сердечного ритма;
- 2) вариабельность систолического давления;
- 3) вариабельность диастолического давления;
- 4) проводимость миокарда по оценке PQRST -комплекса (ЭКГ, I-ое станд. отведение);
- 5) соотношение пара- и симпатикотонической регуляции ЧСС;
- 6) соотношение пара- и симпатикотонической регуляции систолического давления;
- 7) соотношение пара- и симпатикотонической регуляции диастолического давления;

- 8) жизненная емкость легких;
- 9) Индекс ТИФНО – характеристика проводимости бронхиальных путей;
- 10) дыхательный объем;
- 11) максимальный сдвиг артериального давления в пределах дыхательного цикла;
- 12) максимальный сдвиг ЧСС в пределах дыхательного цикла;
- 13) чувствительность барорефлекса (отношение сдвига ЧСС к сдвигу АД).

Все регистрируемые параметры, помимо оценки в абсолютных величинах (мс, мл, мм рт.ст. и %), оцениваются в баллах. Данный метод анализа основан на сравнении значения оцениваемого показателя со среднестатистическими данными соответствующей пологовозрастной условно-нормальной популяционной выборки. Модульные значения всех балльных оценок суммируются. В результате происходит оценка степени отклонения значений использованных показателей от условной нормы и степени сбалансированности использованных показателей функционального состояния данной системы. По каждой системе рассчитаны границы интервалов 3 основных уровней функционального состояния:

- уровень сбалансированного состояния,
- функционально достаточный уровень,
- функционально напряженный уровень.

Использование балльной оценки параметров позволяет не учитывать зависимость тестируемых показателей от пола и возраста испытуемых, поскольку балльная оценка параметра отражает степень близости реального значения тестируемого показателя к показателям соответствующей по полу и по возрасту условно-нормальной выборки испытуемых.

На базе ГКБ №19, ГКБ №67 и ГКБ №10 обследованы 89 пациентов с травмами и дегенеративными заболеваниями шейного и грудного отделов позвоночника. При этом 55 пациентов находилось на стационарном лечении в ГКБ №10 с показаниями к различным физиотерапевтическим мероприятиям, а 34 пациента находились на хирургическом лечении в ГКБ №19 и 67.

## Результаты и обсуждение

В Табл. 1 приведен пример анализа выше перечисленных показателей у 10 пациентов с различными заболеваниями и травмами опорно-двигательного аппарата.

Согласно набранной суммы баллов наблюдения 1, 3, 4, 10 можем отнести к функционально-сбалансированным (до 20), наблюдения 5, 8 – к функционально достаточным, а наблюдения 2, 6, 7, 9 – к функционально напряженным.

Кроме того, представляется возможным дифференцировать основные системы, вносящие вклад в наиболее напряженный саногенетический статус. Так, пациентка М., 67лет, диагноз: «Грыжа диска L4-L5, L5-S1. Вертеброгенный, корешковый синдромы. Гемангиомы тел Th8, Th10 позвонков», была подготовлена к оперативному

**Табл. 1.** Балльные оценки показателей функциональной достаточности сердечно-сосудистой и дыхательной систем у пациентов с заболеваниями и травмами позвоночника

N/N п/п	Фамилия	Балльные оценки по отдельным показателям													Сумма	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Н.	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	14
2	С.	1	1	1	3	2	2	3	2	2	2	3	3	3	28	
3	К.	2	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	20	
4	Т.	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	17	
5	К.	1	2	3	2	3	1	1	1	1	1	2	3	3	24	
6	М.	3	2	2	3	3	2	3	2	1	1	2	1	2	27	
7	Б.	2	3	3	2	2	3	3	1	1	2	3	3	3	31	
8	Г.	3	1	1	2	3	2	3	1	1	1	2	2	2	24	
9	М.	3	1	1	1	3	1	2	2	2	1	1	3	3	26	
10	Р.	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	20	

лечению, прошла стандартный курс обследования, ЭКГ в стандартных отведениях – без явной патологии. Наше исследование впервые выявило у больной сложное нарушение сердечного ритма: аллоритмия, пароксизмы мерцательной аритмии, дизрегуляция функции проводимости сердечной мышцы проявлялась на фоне выраженной симпатикотонии сердечного ритма и повышения диастолического давления, при удовлетворительной функции дыхания. Оперативное вмешательство в данном случае было отсрочено, была назначена специфическая терапия для подготовки к оперативному вмешательству. Только после стабилизации состояния было успешно выполнено оперативное лечение и ни интра-, ни послеоперационных осложнений у данной больной не было.

Важно подчеркнуть, что данный метод обеспечивает объективный контроль функционального состояния в динамике лечебных, до- и послеоперационных мероприятий, как это демонстрируется отдельными примерами, приведенными в Табл. 2.

В первых двух наблюдениях отмечалась позитивная динамика состояния сердечно-сосудистой системы пациентов, что прогнозировало неосложненный характер послеоперационного периода, но на фоне значительного улучшения состояния больная К. нарушила режим, что привело не только к обострению заболевания, но и к значительным регуляторным расстройствам основных систем организма. Во втором случае оперативное вмешательство было отсрочено из-за неблагоприятного сердечно-сосудистого статуса (с помощью прибора САКР выявлена сердечная аритмия по типу бигемении), и операция была выполнена после курса соответствующей терапии. В третьем примере функциональное состояние пациента заметно ухудшилось, что могло спровоцировать неблагоприятные последствия в послеоперационном периоде. Согласно истории болезни в данном случае действительно были выявлены неврологические осложнения, потребовавшие дополнительной

**Табл. 2.** Оценка функционального состояния исследуемых систем организма пациентов в динамике лечебных и операционных мероприятий

Фамилия больного		Бальные оценки по отдельным показателям													Сумма
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
К.	До лечения	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	14
	После лечения	1	1	1	3	2	2	3	2	2	2	3	3	3	28
М.	До операции	2	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	20
	После медикаментозной терапии	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	17
Р.	До операции	1	2	3	2	3	1	1	1	1	1	2	3	3	24
	После операции	3	2	2	3	3	2	3	2	1	1	2	1	2	27

нейропротективной, сосудистой и противовоспалительной терапии.

Из всей обследованной выборки пациентов динамические исследования были проведены у 10 пациентов с физиотерапевтическими мероприятиями и у 34 пациентов с хирургическим вмешательством.

В соответствии с выбранным вариантом лечения всю обследованную популяцию можно разделить на 2 группы:

1. Группа с показаниями к физиотерапевтическому лечению (55 наблюдений).
2. Группа с показаниями к хирургическому лечению (34 наблюдения).

Согласно обсужденному выше алгоритму оценки функциональных напряжений, проведен сравнительный анализ выделенных групп (табл. 3).

Анализируя представленные результаты можно заключить, что заметная функциональная напряженность в сердечно-сосудистой и дыхательной системе отмечается в более чем у половины обследованных пациентов с трав-

мами и дегенеративными заболеваниями позвоночника. При этом у лиц с показаниями к оперативному лечению заметная функциональная дисрегуляция отмечается почти в 3/4 наблюдений, в то время как у лиц с показаниями к физиотерапевтическому лечению функциональная дисрегуляция выявляется менее чем в 1/2 наблюдениях. Отсюда следует, что в целом пациенты с показаниями к физиотерапевтическому лечению менее отягощены функциональными напряжениями в исследуемых системах.

Апробируемый метод оценки функциональной достаточности кардио-респираторной системы позволяет дополнительно уточнить природу той или иной дисрегуляции (табл. 4).

Анализируя приведенные в табл. 4 результаты, мы можем отметить преимущества метода непрерывной спироартериокардиоритмографии по сравнению с традиционными ЭКГ- и АД-исследованиями, которые не выявляют специфичность нарушений в системах вегетативной регуляции периферического и центрального кровообращения: доля этих напряжений по всей выборке больных с травмами и заболеваниями опорно-двигательного аппарата составляет от 40 до 50%, а среди пациентов с показаниями к оперативному лечению подобные функциональные дисрегуляции отмечаются более чем у 2/3 больных. Надо отметить, что объективная верификация природы функциональной дисрегуляции предполагает обоснованные выборы адекватных методов поддерживающей терапии. Кроме того, на основе используемых критериев можно прогнозировать тот или иной подход к коррекции дисрегуляторных состояний, сопутствующих основному заболеванию. В качестве иллюстрации приведем результаты 44 исследований в динамике стацио-

**Табл. 3.** Сравнение долей пациентов в группах с физиотерапевтическим лечением (1) и с хирургическим лечением (2) по степени выраженности функциональных напряжений в исследуемых системах организма

№ группы	Бальная оценка функциональных напряжений (количество пациентов в %)		
	сбалансированный статус	умеренно-напряженный	заметно-напряженный
1 группа	11/20	19/36	25/44
2 группа	5/15	4/12	25/73
По всей выборке	16/19	23/26	50/55

**Табл. 4.** Выявление параметров сердечно-сосудистой системы с наибольшей выраженностью функционального напряжения

№ группы	Система, в которой регистрируется функциональное напряжение (количество пациентов / %)				
	Сократимость сердечной мышцы	Вегетативная регуляция ритма	Регул. систолич. давления	Регул. диастолич. давления	Барорефлекс
1 группа	21/38	18/33	4/7	5/9	4/7
2 группа	19/56	21/63	9/27	8/24	23/70
По всей выборке	40/44	39/44	13/14	13/14	12/13

нарного лечения больных с травмами и заболеваниями в опорно-двигательном аппарате (Табл. 5).

В лечении больных с заболеванием позвоночника данная методика обследования и возможность постоянного объективного мониторинга состояния основных функциональных систем организма играет важную роль. Еще в 1951г. К.Gutzeit утверждал, что позвоночник может быть «инициатором, провокатором, мультипликатором или локализатором внутренних заболеваний». В медицине давно известен, но еще мало изучен вертебро-висцеральный синдром. При заболеваниях позвоночника больные часто жалуются на боли, характерные для совершенно других заболеваний, и на диагностику и установление реальной причины болей, если её все-таки находят, уходит немало времени и сил, как врачей, так и пациентов. В случае пациентов с травмами и дистрофическими заболеваниями позвоночника очень важно определить состояние важнейших систем организма, а главное, проследить клинико-морфологические параллели между заболеванием позвоночника и той или иной внутренней патологией.

В клинике у больных с травмами и заболеваниями позвоночника часто встречаются жалобы на боли в области сердца. Вертеброгенный кардиологический характер болей в области сердца может подтвердиться отсутствием патологических изменений на ЭКГ, неэффективностью приема нитроглицерина и других препаратов, возможностью спровоцировать кардиалгии интенсивным воздействием на пораженные позвоночные двигательные сегменты. Но довольно редко можно встретить больного с травмами и заболеваниями позвоночника без сопутствующей кардиальной патологии. При вертеброгенной ганглионарной патологии развиваются соответственно секреторные, моторные и трофические расстройства на первом этапе без органического поражения внутренних органов, а в дальнейшем, при наличии стойких патогенетических факторов, они могут переходить в определенную нозологическую форму с явными органическими знаками. Какова истинная причина кардиалгии, изменения спровоцированные травмой позвоночника или же первичная сердечная патология? Ответ на этот вопрос в значительной мере определит выбор анестезиологического пособия и методы послеоперационной реабилитации. Мониторинг в динамике позволит понять, устранена ли причина выявленной ранее патологии, и как сердечно-сосудистая система реагирует на нагрузку в реабилитационном периоде.

Приведенные предварительные результаты, несомненно, помогут в выборе индивидуального лечения, адекватных адресных мероприятий при подготовке и проведении плановых операций, в выработке индивидуальной программы реабилитации больного, что является залогом успеха в лечении пациентов с заболеваниями позвоночника.

Существующие способы оценки результатов САКР исследования нацелены на определение уровня симпати-

**Табл. 5.** Динамика функционального состояния пациентов с травмами и заболеваниями опорно-двигательного аппарата после стационарного лечения

Характер динамических сдвигов	Частота встречаемости (кол-во/%)
Положительная динамика	13/30
Отрицательная динамика	8/18
Без изменений	23/52

ческой и парасимпатической регуляции артериального давления и сердечного ритма по спектральным показателям их варибельности. При этом превалирующий вклад того или иного спектрального компонента, равно, как и отклонения в общей мощности спектра колебаний, принимаются за показатели функциональной напряженности в системе регуляции кровообращения. Метод спиреоартериоритмокардиографии позволяет проводить диагностику состояния сердечно-сосудистой системы различным возрастным группам, в том числе детям и подросткам.

### Заключение

Таким образом, применение САКР для исследования пациентов в отделениях функциональной диагностики позволяет оценивать состояние проводящей системы миокарда, показатели вегетативной регуляции сердечных и сосудистых ритмов, чувствительность барорефлекса непрямым методом. При этом регистрация и учет фаз дыхания с помощью ультразвукового датчика САКР способна существенно улучшить воспроизводимость результатов функциональных проб и точность спектрального анализа.

Приведенные выше результаты апробации САКР в клинике травм и заболеваний позвоночника позволяют обосновать целесообразность использования данного подхода для решения следующих практико-ориентированных задач: унификация инструментальных методов функциональной диагностики сердечно-сосудистой и дыхательной систем дополнительно к принятым в практике консультациям специалистов; объективная оценка функциональных расстройств, осложняющих основной патологический процесс с дифференциацией их природы; разработка критериев оценки эффективности используемых методов лечения травм и заболеваний позвоночника с целью выбора оптимальных подходов к их коррекции.

### Литература

1. Панкова Н.Б., Лебедева М.А., Курнешова Л.Е. и др. Спироартериокардиоритмография – новый метод изучения состояния сердечно-сосудистой системы // Патогенез. – 2003. – №2. – С. 84–88.
2. Пивоваров В.В. Спироартериокардиоритмограф // Медицинская техника. – 2006. – №1. – С. 38–40.
3. Пивоваров В.В., Лебедева М.А., Панкова Н.Б. и др. Диагностика функционального состояния сердечно-сосудистой системы детского организма методом Спироартериокардиоритмографии // Российский педиатрический журнал. – 2005. – №1. – С. 8–12.
4. Cevese A, Gulli G, Polati E, Gottin L, Grasso R. Baroreflex and oscillation of

- heart period at 0.1 Hz studied by alpha-blockade and cross-spectral analysis in healthy humans. *J Physiol.* 2001, 531(Pt 1): 235–44.
5. Cottin F, Papelier Y, Escourrou P. Effects of exercise load and breathing frequency on heart rate and blood pressure variability during dynamic exercise. *Int J Sports Med.* 1999, 20(4): 232–238.
  6. Ditor DS, Kamath MV, MacDonald MJ, Bugaresti J, McCartney N, Hicks AL. Effects of body weight-supported treadmill training on heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. *J Appl Physiol.* 2005, 98(4): 1519–1525.
  7. Ditor DS, Kamath MV, Macdonald MJ, Bugaresti J, McCartney N, Hicks AL. Reproducibility of heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. *Clin Auton Res.* 2005, 15(6): 387–393.
  8. Federici A, Ciccone M, Gattullo D, Losano G. Systolic and diastolic changes in human coronary blood flow during Valsalva manoeuvre. *Clin Physiol.* 2000, 20(1): 19–29.
  9. Gulli G, Cooper VL, Claydon V, Hainsworth R. Cross-spectral analysis of cardiovascular parameters whilst supine may identify subjects with poor orthostatic tolerance. *Clin Sci (Lond).* 2003, 105(1): 119–126.
  10. Gulli G, Fattor B, Marchesi M. Cross-spectral analysis of cardiovascular variables in supine diabetic patients. *Clin Auton Res.* 2005, 15(2): 92–98.
  - 11(46). Jira M, Zavodna E, Honzikova N, Novakova Z, Fiser B. Baroreflex sensitivity as an individual characteristic feature. *Physiol Res.* 2006, 55: 349–351.
  - 12(48). Julu PO, Cooper VL, Hansen S, Hainsworth R. Cardiovascular regulation in the period preceding vasovagal syncope in conscious humans. *J Physiol.* 2003, 549(Pt 1): 299–311.
  - 13(52). Labrova R, Honzikova N, Maderova E, Vysocanova P, Novakova Z, Zavodna E, Fiser B, Semrad B. Age-dependent relationship between the carotid intima-media thickness, baroreflex sensitivity, and the inter-beat interval in normotensive and hypertensive subjects. *Physiol Res.* 2005, 54(6): 593–600.
  - 14(53). Lefrandt JD, Hoogenberg K, van Roon AM, Dullaart RP, Gans RO, Smit AJ. Baroreflex sensitivity is depressed in microalbuminuric Type I diabetic patients at rest and during sympathetic manoeuvres. *Diabetologia.* 1999, 42(11): 1345–1349.
  - 15(71). Pinna GD, La Rovere MT, Maestri R, Mortara A, Bigger JT, Schwartz PJ. Comparison between invasive and non-invasive measurements of baroreflex sensitivity; implications for studies on risk stratification after a myocardial infarction. *Eur Heart J.* 2000, 21(18): 1522–1529.
  - 16(75). Radaelli A, Raco R, Perfetti P, Viola A, Azzellino A, Signorini MG, Ferrari AU. Effects of slow, controlled breathing on baroreceptor control of heart rate and blood pressure in healthy men. *J Hypertens.* 2004, 22(7): 1361–1370.
  - 17(83). Schachinger H, Weinbacher M, Kiss A, Ritz R, Langewitz W. Cardiovascular indices of peripheral and central sympathetic activation. *Psychosom Med.* 2001, 63(5): 788–796.
  - 18(93). Yeragani VK, Mallavarapu M, Radhakrishna RK, Tancer M, Uhde T. Linear and nonlinear measures of blood pressure variability: increased chaos of blood pressure time series in patients with panic disorder. *Depress Anxiety.* 2004; 19(2): 85–95.
  - 19(97). Ziegler D, Laude D, Akila F, Elghozi JL. Time- and frequency-domain estimation of early diabetic cardiovascular autonomic neuropathy. *Clin Auton Res.* 2001, 11(6): 369–376.
  - 20(98). Zion AS, Bartels MN, Wecht JM, Sloan RP, Downey JA, De Meersman RE. Evaluation of blood pressure and baroreflex sensitivity by radial artery tonometry versus finger arteriolar photoplethysmography. *Am J Hypertens.* 2003, 16(5 Pt 1): 371–374.

---

### Контактная информация

Боголюбова Анастасия Анатольевна

Москва, 117628 ул. Грина д.30, кв.36  
krya22@mail.ru, 8-906-720-61-41